Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz (Leiter: Privatdozent Dr. Ziebe)
des zahnärztlichen Instituts (Direktor Prof. Dr. Rebel) der Universität Göttingen.

Lane Medical Library

Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften einer Reihe von Klammergoldlegierungen

---

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde
der hohen medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

Vorgelegt von
KARL TERJUNG
Zahnarzt
aus Kassel

Göttingen, Sommer-Semester 1930

Referent: Prof. Dr. Rebel.

Dekan: Prof. Dr. Straub.

A. Die Klammer dient in der prothetischen Zahnheilkunde zur Befestigung eines Ersatzes mit Hilfe noch vorhandener natürlicher Zähne. Daneben wird sie in geeigneten Fällen in entsprechender Konstruktion benutzt, einen Teil des Kaudruckes von der Prothese auf die Ankerzähne zu übertragen. Je nach dem Zweck und der Aufgabe der Klammer wird ihre Konstruktion verschieden sein. Ein wesentlicher Vorteil der Klammer besteht darin, daß ihre Anwendung kein Devitalisieren des Ankerzahnes erforderlich macht, sondern daß sie an Zähnen mit lebender Pulpa angelegt werden kann, ohne daß eine Vorbehandlung notwendig ist. Die Klammer in ihrer verschiedenartigsten Konstruktion gehört daher zu den wichtigsten Verankerungsmitteln in der modernen Prothetik.

Die früher häufig verwendeten Bandklammern führen für den Klammerzahn oft zu Schädigungen. Die Breite der Klammer bildet eine Retentions- und Prädilektionsstelle der Karies. Die Klammer folgt beim Kauakt den physiologischen Bewegungen der Prothese und schädigt dabei durch die mechanische Reibung die zarte Zahnsubstanz. Bei ihrem Verlauf am Zahnhals parallel zum Zahnfleischrand reizt sie ferner durch Bewegungen die Weichteile und verursacht Entzündungen des Parodontiums, die nicht selten zum Verlust des Zahnes führen.

Die moderne Klammer sucht diese Mängel durch zweckentsprechende Konstruktion und individuelle Indikation zu vermeiden. Ihr Verlauf ist nicht willkürlich, sondern sie hat einer ganz bestimmten Kurve, die in jedem Einzelfall verschieden ist, zu folgen. Eine Bewegung der Klammer in vertikaler Richtung beim Kauen wird verhindert durch die Anbringung eines Reiters, der auf die Kaufläche greift, oder durch Führung des Klammerdrahtes durch die „okklusale Nische", wie z. B. bei der Gillet- und Jackson-Klammer. Unter der Bezeichnung okklusaler Nische versteht K o l l e r die okklusalwärts vom Kontaktpunkt durch zwei Nachbarzähne gebildete Nische. — Eine Ueberlastung des Ankerzahnes wird dadurch verhindert, daß man die Klammerkörper entsprechend weit von der Angriffsstelle der Kraft mit der Prothese verbindet, oder indem man sogenannte Stoßbrecher zwischenschaltet und so die elastischen Kräfte des Materials ausnutzt. Nach dem Elastizitätsgesetz wächst die Elastizität eines runden Drahtes im Verhältnis zu seiner Länge in dritter Potenz, wogegen seine Elastizität mit größerem Durchmesser in vierter Potenz abnimmt. Je länger und dünner also eine Klammer ist, desto größer wird ihre Elastizität sein. Ein anderer Weg zur Ausschaltung einer Ueberlastung oder Kippwirkung auf den Ankerzahn ist die Anbringung von Geschieben, also eine bewegliche Verbindung der Klammer mit dem Prothesenkörper. Schließlich erlauben die Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften der Legierungen, verbunden mit zweckentsprechender Konstruktion, die Breite der Klammer wesentlich herabzusetzen, was funktionell und kosmetisch ein weiterer Vorteil ist. Die Amerikaner waren uns auch in der Klammertechnik — nicht zuletzt auf Grund ihres besseren Materials — voraus. Heute, wo uns auch hochwertige deutsche Legierungen zur Verfügung stehen, finden die amerikanischen Klammerkonstruktionen auch bei uns immer mehr Bedeutung. Besonders die Gillet- und die Jackson-Klammer, deren wesentliches Moment in der Ausnutzung der Elastizität des runden Drahtes ruht, werden häufiger angewandt.

Es ist einleuchtend, daß neben sinngemäßer Konstruktion die Güte des Materials eine wesentliche Rolle spielt. Es werden hohe Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der Legierungen gestellt, und nicht jede Legierung ist für eine moderne Klammer geeignet. Außerdem sind die mechanischen Eigenschaften durch die Behandlung der Legierung zu beeinflussen, so daß dasselbe Material je nach dem Bearbeitungszustand sich gegen mechanische Beanspruchung ganz verschieden verhalten wird. Es ist eine bekannte Tatsache, daß man durch Ausglühen mit nachfolgendem Abschrecken eine Legierung weich machen kann, so daß sie gut verformbar ist. Die elastischen Eigenschaften gehen hierbei jedoch stark zurück. Dagegen ruft eine mechanische Bearbeitung, wie Biegen, Ziehen, Stanzen usw., eine Härtung und Erhöhung der elastischen Kräfte hervor. Eine Reihe von Goldlegierungen zeigen die Eigenart, daß man sie aus dem weichen Zustand durch „Vergüten" in einen Zustand mit größeren Festigkeitseigenschaften überführen kann.

Unter Vergüten versteht man Ausglühen bei niedrigen Temperaturen von etwa 200°—400° etwa 10—20 Minuten lang und dadurch Erhöhung der mechanischen Eigenschaften. Die Ursache der Vergütung der Gold-Kupfer-

legierungen ist aus dem Gold-Kupferdiagramm ersichtlich. Gold und Kupfer lösen sich bei höheren Temperaturen vollkommen ineinander. In gewissen Konzentrationsbereichen, namentlich bei einer Konzentration von 75 Gewichtsprozenten Gold und 25 Gewichtsprozenten Kupfer (das sind 50 Atomprozente Gold und 50 Atomprozente Kupfer) tritt nun bei tieferen Temperaturen ein Zerfall der Mischkristalle ein, es bildet sich in der Legierung die Verbindung AuCu, die eine Blockierung der Gleitflächen der einzelnen Kristalle hervorruft, und dadurch Härtesteigerung, Erhöhung der Zerreißfestigkeit und größere Federkraft mit sich bringt. Diese Eigenart bleibt auch erhalten, wenn es sich um eine Mehrstofflegierung handelt, z. B. Gold-Silber-Kupfer, Gold-Platin-Silber-Kupfer usw.

Hieraus geht hervor, wie wichtig eine richtige Behandlung für die Verarbeitung und die mechanischen Eigenschaften einer Legierung ist, und daß man durch richtige Behandlung die Eigenschaften einer Legierung in zweckmäßiger Weise beeinflussen kann, bzw. daß oft Mißerfolge ihre Ursache nicht in der Legierung, sondern in unzweckmäßiger Behandlung des Materials haben.

B I. Einen Maßstab für die Verwendungsmöglichkeit einer Legierung geben die mechanischen Eigenschaften, worunter man eine Angabe darüber versteht, wie sich die Legierungen einer mechanischen Beanspruchung gegenüber, z. B. Druck, Zug, Biegen usw. verhalten. Die Materialien werden verschiedenen Prüfungsverfahren unterzogen, um zu vergleichbaren, in Zahlen ausdrückbaren Werten zu kommen.

Durch den Zerreißversuch wird die Zerreißfestigkeit und die Dehnung festgestellt.

Neben der Festigkeit spielen die elastischen Kräfte des Klammergoldes eine besondere Rolle. Man unterscheidet Elastizität bei Druck, Zug, Biegung und Torsion. Die Elastizität wird ausgelöst durch molekulare Kräfte, die einer Deformation Widerstand leisten und nach Aufhören der formverändernden Kräfte die ursprüngliche Form des Materials wieder herzustellen suchen.

Als Elastizitätsgrenze gilt nach der Vorschrift des Materialprüfungsamtes die Belastung in kg/mm², die nach Aufhören der Belastung eine bleibende Verlängerung von 0,03 % der Meßlänge erzeugt. Zu diesen Messungen sind sehr feine Längenmeßapparate und lange Drähte erforderlich. Man kann aber auch durch Abbiegung für die Elastizitätsgrenze relative, zu vergleichenden Zwecken genügende Werte ermitteln, indem man einen Draht gradweise abbiegt und jedesmal in die Ausgangsstellung zurückfedern läßt, solange bis der Draht eine bleibende Deformation zeigt. So erhält man für die Elastizitätsgrenze einen Wert in Winkelgraden. Von der Größe der Kraft, die ein Material seiner Deformierung entgegensetzt, kann man ein Bild bekommen, wenn man die hervorgebrachte Deformation im Verhältnis zu der deformierenden Kraft betrachtet. Dieses Verhältnis wird ausgedrückt durch den Elastizitätsmodul.

Beim Einsetzen sowie beim Herausnehmen der Prothese, ferner beim Kauakt ist die Klammer gezwungen, dauernd kleinere elastische Bewegungen auszuführen, was im Laufe der Zeit zu einer inneren Zerrüttung des Materials und oft zum Bruch führen kann. Diese Erscheinung kann durch das Auftreten von Reibungsflächen an den einzelnen Kristallen erklärt werden, woraus dann kleine Spalten entstehen, die schließlich zum Bruch führen. Durch Biegeversuche kann man das Verhalten eines Materials gegen Abwinkelung prüfen. Die Biegezahl gibt an, wie oft sich ein Draht aus der Geraden um je 90° nach links oder rechts biegen läßt bis er bricht, wobei eine Abwinkelung aus der Geraden um 90° nach einer Seite und wieder zurück in die Gerade als eine Biegung zählt. Da die Beanspruchung einer Klammer im Munde innerhalb kleinerer Abbiegungsgrenzen liegt, wurden in der folgenden Untersuchung noch Biegeproben bei einer Abwinkelung von 8° vorgenommen. Auch hier ergeben sich dann relative Werte, die einen Vergleich der Legierungen untereinander ermöglichen.

B II. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es nun, die mechanischen Eigenschaften einer Reihe von Klammergolden zu untersuchen. Es wurden von drei verschiedenen deutschen Legier- und Scheide-Anstalten 16 Legierungen für die Untersuchungen ausgewählt, die als Klammergolde angeboten wurden. Von der Deutschen Gold- und Silberscheide-Anstalt wurde allerdings mit Absicht auch ein Kronengold, und zwar die Legierung 833/6 mit untersucht, um zu zeigen, wie dieses Material auf Grund seines anders gearteten Verwendungszweckes in den mechanischen Eigenschaften stark abweicht, und daß daher für jeden Zweck ein Material mit entsprechenden Eigenschaften gewählt werden muß.

Es wurden folgende Legierungen untersucht:

Von der Degussa (Deutsche Gold- und Silber-Scheide-Anstalt, vorm. Roeßler, Pforzheim):

Legierung 750/5	18 Karat	ohne		Platin
„ 750/5 N	18 „	„		„
„ 20/730/7	18 „	mit	2 %	„
„ 50/700/6	18 „	„	5 %	„
„ 100/650/6	18 „	„	10 %	„
Spezial-Legierung n. Fritsch	20 „	„	$7^1/_2$ %	„
Legierung Platalloy	18 „	„	3 %	„
„ Orthalloy	18 „	„	8 %	„
„ 833/6 (Kronengold)	20 „	ohne		„

Von der Firma W. Herbst, Bremen:

18 Karat Panzergold
18 „ Platingold Spezial
Panzerweißgold

Von der Firma Dr. Th. Wieland, Pforzheim:

Klammergold	18 Karat	rötlich	
„	18 „	mit 5%	Platin.
„	18 „	„ 10%	„
Spezial-Legierung Janus II	18 „		

Aus der Aufstellung der Materialien geht hervor, daß die Klammergolde meist Platinlegierungen sind. Es ist bekannt, daß Platin die Federkraft, Festigkeit und den Schmelzpunkt der Legierung erhöht.

Die Firmen Degussa und Wieland hatten Angaben über die Vergütbarkeit ihrer Legierungen gemacht. Hieraus konnte man verschiedene Schlüsse auf die Behandlung der anderen Legierungen ziehen, von deren Hersteller keine näheren Angaben gemacht waren.

Um das Material in einem möglichst gleichmäßigen Anlieferungszustand zu erhalten, waren für die Untersuchung Drähte von 0,8 mm und 1,0 mm Durchmesser angefordert, die jeweils bei 0,9 mm bzw. 1,1 mm letztmalig ausgeglüht und dann auf 0,8 mm bzw. 1,0 mm kalt gezogen waren. Dies entspricht etwa einer mechanischen Beanspruchung, wie es das Biegen oder Stanzen einer Klammer bedeutet.

Sämtliche Materialien wurden nun in drei verschiedenen Zuständen untersucht, und zwar:

Zustand A = Anlieferungszustand, hart gezogen;
„ B = weich geglüht (5 Minuten bei 800° geglüht und von dunkler Rotglut abgeschreckt);
„ C = weichgeglüht und dann vergütet (15—20 Minuten bei 250 bis 400° je nach Legierung).

Da die Beschaffung der notwendigen Apparaturen in Göttingen nicht möglich war, gestattete mir die Deutsche Gold- und Silber-Scheide-Anstalt in Pforzheim die Ausführung der Untersuchungen in ihrem Laboratorium mit ihren, zum Teil eigens für derartige Zwecke gebauten Apparaten.

1. Der Zerreißverbrauch wurde mit einer Zerreißmaschine, Bauart Losenhausen, vorgenommen.

Das Material wird in zwei Spannbacken eingespannt. Durch Herunterschrauben des unteren Backens wird es unter Zug gesetzt. Die angewandte Kraft wird hydraulisch auf eine Feinmeßdose übertragen. Die Unterteilung geht von 2 zu 2 kg vor sich, so daß 0,5 kg Ablesegenauigkeit noch möglich ist. Die Zerreißversuche wurden nach den Vorschriften des Verbandes für Materialprüfung in der Technik ausgeführt.

Bei geringer Belastung tritt schon eine Längenveränderung im Material ein, die nach Entlastung wieder zurückgeht. Das Material ist elastisch. Erst von einer bestimmten Belastung an wird eine dauernde Deformation eintreten. Diese Belastung stellt die sogenannte Elastizitätsgrenze dar. Nach der Vorschrift des Materialprüfungsamtes gilt als Elastizitätsgrenze diejenige Belastung, bezogen auf die Querschnittseinheit, bei der sich nach der Entlastung eine bleibende Deformation von 0,03% der Meßlänge ergibt. Unterhalb der Elastizitätsgrenze und ein Teil darüber hinaus gehen Belastung und Deformation proportional zusammen vorwärts bis zur Proportionalitätsgrenze. Steigert man die Belastung noch weiter, so treten plötzlich starke Formveränderungen auf, und die Längenzunahme pro angelegte Lasteinheit ist stärker als vorher, d. h. die Dehnung geht nicht mehr proportional zu der angelegten Last, sondern sie ist größer, das Material fließt.

Für die Streck- oder Fließgrenze wird der Wert angenommen, bei dem die dauernde Deformation 0,02% der Ausgangslänge beträgt. Die Belastungssteigerungen werden nun fortgesetzt, bis das Material zum Zerreißen kommt. Die dazu nötige Last in Kilogramm bezogen auf die Querschnittseinheit mm² ist die Zerreiß- oder Bruchfestigkeit. Die Dehnung, die das Material während des Versuches bis zum Zerreißen erfahren hat, wird in der Weise gemessen, daß das Probestück mit den Bruchflächen aneinandergelegt und die Längenzunahme an den vorher aufgetragenen Meßmarken gemessen wird. Die Dehnung wird in Prozenten ausgedrückt.

Die Probestäbe hatten eine Dicke von 0,8 mm, was einem Querschnitt von 0,503 mm² entspricht. Als Meßlänge wurden 100 mm gewählt. Mit der mir zur Verfügung stehenden Apparatur konnte die Fließgrenze, Zerreißfestigkeit und die Dehnung genau gemessen werden. Die nachstehende Tabelle 1 enthält die einzelnen Werte. Zerreißfestigkeit und Fließgrenze sind in kg/mm², Dehnung in Prozent ausgedrückt. Die angegebenen Werte sind jeweils Mittelwerte aus drei bis fünf Einzelmessungen je nach Menge des zur Verfügung stehenden Materials. A, B und C bezeichnen die drei Zustände. Vergütungszeit und -Temperatur ist bei den einzelnen Legierungen angegeben. Die Vergütung wurde auch für alle folgenden Versuche bei denselben Temperaturen ausgeführt, wie in Tabelle 1 angegeben ist. Die Vergütungszeit betrug für jede Legierung 15 Minuten, nur Janus II wurde 20 Minuten vergütet, entsprechend der Vorschrift der Firma Wieland. Für das Panzerweißgold von Herbst wurde versucht, durch kleine Vorversuche die optimale Vergütungstemperatur festzustellen.

2. Der Elastizitätsmodul wurde durch Abbiegen eines Stabes nach der von Kohlrausch angegebenen Weise ermittelt.

Der Draht wurde waagerecht an dem einen Ende fest eingespannt und an seinem freien Ende durch Gewichte, beginnend mit 5 g und steigend um je 1 g bis zu 13—14 g, belastet. Die Durchbiegung des Probestabes an der Belastungsstelle wurde mit einem Meßmikroskop gemessen. Ein Teilstrich an der Okularskala entsprach einer Durchbiegung von 0,015 mm. Es wurden Drähte von einem Millimeter Durchmesser verwendet und Abweichungen in der Dicke durch genaues Nachmessen an vier Stellen mit einem hochempfindlichen Mikrometer festgestellt und bei der Berechnung berücksichtigt. Die Meßlänge betrug etwa 6 cm. Sie

Tabelle 1.

Ergebnisse des Zerreißversuchs.

Firma und Material	Zerreißfestigkeit kg/mm²			Dehnung %			Fließgrenze kg/mm²			15 Min. vergütet bei
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Grad
Degussa:										
Leg. 750/5	67	55	72	4.4	20	6.6	60	44	60	250
750/5 N	79	56	68	1	30	3.8	77	40	58	300
20/730/7 2% Pt	66	50	64	1.1	33	13.6	63	30	53	300
50/700/6 5% Pt	77	57	79	0.9	27.2	10.7	75	41	67	350
100/650/6 10% Pt	111	66	91	0.9	23.4	4.1	108	49	86	350
Spez. Leg. nach Fritsch	120	74	83	0.8	19	5.5	118	60	62	400
Leg. Platalloy	78	55	70	1	24.2	3.4	76	38	64	300
Leg. Orthalloy	86	60	84	0.8	24	5.8	83	45	79	350
833/6	54	34	38	1.2	28	28.5	49	14	16	200
Herbst:										
18 Kt. Panzergold	64	39	56	2.1	20.3	4	58	26	48	250
18 Kt. Platingold Spezial	72	50	63	1.3	24.4	14.5	69	38	51	350
Panzerweißgold	73	62	63	0.5	12.8	12	70	46	50	500
Wieland:										
18 Kt. rötlich	69	47	63	1.2	30.7	4	67	35	59	250
18 Kt. m. 5% Pt	76	48	68	1.4	28	13.3	72	30	57	350
18 Kt. m. 10% Pt	85	59	74	1	20.3	10.5	79	45	65	350
Janus II	90	57	71	0.8	26	4.8	84	43	68	300*)

A = Anlieferungszustand,
B = weichgeglüht,
C = vergütet, wie angegeben.

Tabelle 2.

Ergebnisse der Modulmessungen.

Firma und Material	Elastizitätsmodul in 10^3 kg/mm²		
	A	B	C
Degussa:			
750/5	9.5	9.1	9.1
750/5 N	9.9	9.5	9.6
20/730/7 mit 2% Platin	10.4	9.1	9.2
50/700/6 mit 5% Platin	9.7	9.2	10.3
100/650/6 mit 10% Platin	10.2	9.9	10.9
Spezial-Legierung nach Fritsch	11.6	11.5	12.1
Platalloy	10.5	10.1	10.7
Orthalloy	9.9	9.6	10.4
833/6	9.5	9.2	8.8
Herbst:			
18 Kt. Panzergold	9.6	8.7	8.9
18 Kt. Platingold Spezial	9.9	9.2	9.7
Panzerweißgold	12.4	11.5	12.3
Wieland:			
18 Kt. rötlich	9.4	9.3	9.4
18 Kt. mit 5% Platin	10.0	9.8	10.8
18 Kt. mit 10% Platin	10.0	9.8	10.6
Janus II	10.4	9.6	11.3

A = Anlieferungszustand,
B = weichgeglüht,
C = vergütet, wie angegeben in Tabelle 1.

*) Vergütungsdauer 20 Minuten.

wurde in der Weise genau festgestellt, daß das eingespannte Ende so fest zwischen die Backen eines Schraubstocks geklemmt wurde, daß diese zwei Marken eindrückten. Am freien Ende war vorher eine scharfe Marke angebracht und eine kleine Wagschale aus Papier mit einem dünnen Seidenfaden aufgehängt. Die Entfernung der Wagschale von der scharfen Marke wurde mit der Mikroskopskala gemessen und zu der nachher festgestellten Entfernung der beiden Meßmarken addiert bzw. davon subtrahiert.

Zur Berechnung des Moduls wurde die aus dem Lehrbuch von Kohlrausch entnommene Formel verwandt:

$$E = \frac{4 \cdot l^3}{3 \cdot r^4} \cdot \frac{p}{h}$$

In dieser Formel bedeutet E den Elastizitätsmodul in kg/mm², l die Meßlänge in mm, p die Last in kg, r den Radius des Drahtes in mm, h die Durchbiegung in mm. In der Tabelle 2 sind die Elastizitätsmoduln, und zwar Mittelwerte aus je 4 Messungen für die drei Zustände A, B und C aufgeführt. Multipliziert man die Zahlen der Tabelle mit 10^3, so erhält man die Moduln in kg/mm². Die Genauigkeit der Einzelwerte, aus denen die Mittelwerte berechnet wurden, betrug im Mittel zwei Einheiten der Stelle nach dem Komma.

3. Zur Messung der Elastizität wurde ein von der Degussa konstruierter Apparat benutzt, mit dem schon Messungen von Korkhaus, Rohmann, Walter, Westphal u. a. ausgeführt worden sind.

In einem kleinen Schraubstock wird das gerade Drahtstück eingespannt. In einer Entfernung von 3 cm wird der Prüfdraht von einem Mitnehmer berührt, der auf einem Bewegungshebel sitzt. Bewegungshebel und Prüfdraht bilden in der Ausgangsstellung eine Gerade miteinander. Bei der Konstruktion des Apparates ist darauf Rücksicht genommen, daß nach den für elastische Durchbiegungen geltenden Gesetzen der Drehmittelpunkt des Bewegungshebels im Krümmungsmittelpunkt der Bewegungskurve liegt. Die Meßlänge ist daher durch den Drehmittelpunkt im Verhältnis 1 : 2 unterteilt. Mittels einer Zeigerverlängerung, die über eine in Winkelgrade geteilte Skala läuft, kann man den abgebogenen Winkel ablesen. Da für die Ermittelung der Elastizitätsgrenze nach ihrer Definition in kg/mm² sehr lange Meßdrähte und feine Längenmeßapparate erforderlich sind, wurden mit Hilfe dieses Apparates für die Elastizitätsgrenze relative Werte in Winkelgraden festgestellt, die für vergleichende Zwecke vollauf genügten.

Der Apparat wurde zur Messung der ersten bleibenden Deformation (Elastizitätsgrenze) in der Weise benutzt, daß die eingespannte Probe um einen zuerst kleinen Winkel abgebogen wurde. Nachdem man an der Skala den Winkel abgelesen hat, wird wieder entlastet und festgestellt, ob der Draht in seine Ausgangsstellung zurückfedert, d. h., ob er den Mitnehmer in der Nullstellung noch berührt. Es wird dann die Abwinkelung immer um einen Grad vergrößert, und es läßt sich leicht feststellen, bei welchem Winkelgrad die erste bleibende Deformation auftritt. Das Material ist um so elastischer, je höher der ermittelte Wert ist.

Weiter wurden mit denselben Drähten und dem gleichen Apparat noch der Elastizitätsgrad festgestellt. Die Probestücke wurden bis zu einem durch Anschlag begrenzten Winkel von 35° abgebogen, dann freigegeben und ihre bleibende Deformation gemessen. Die Abbiegung von 35° lag in allen Fällen über der Elastizitätsgrenze. Je größer die ermittelte Deformation ist, um so weniger elastisch ist das Material. Die Prüfung wurde an Drahtstücken von 1 mm Durchmesser wiederum in den drei verschiedenen Zuständen A, B und C vorgenommen. Die in der nachstehenden Tabelle 3 aufgeführten Werte sind Mittelwerte aus fünf bis sechs Messungen.

4. Zur Messung der Biegefähigkeit ist der zu den Elastizitätsmessungen benutzte Apparat in der Weise abgeändert worden, daß eine Abbiegung von 90° nach jeder Seite möglich war. Die Biegeprobe um einen großen Winkel wurde nach den Vorschriften des Verbandes für Materialprüfungen vorgenommen.

Tabelle 3.

Messung der Elastizität.

Firma und Material	Elastizitätsgrenze in Winkelgraden			Abbiegung nach Abwinkelung von 35°		
	A	B	C	A	B	C
Degussa:						
750/5	17	13	15	10	18	9
750/5 N	20	14	18	8	16	9
20/730/7 mit 2% Platin	18	12	15	10	20	13
50/700/6 mit 5% Platin	21	14	22	7	16	7
100/650/6 mit 10% Platin	21	14	24	5	15	5
Spezial-Legierung nach Fritsch	22	15	20	4	14	9
Platalloy	22	14	19	7	17	9
Orthalloy	19	14	21	6	16	6
833/6	13	6	7	13	27	27
Herbst:						
18 Kt. Panzergold	17	11	15	11	20	11
18 Kt. Platingold Spezial	22	12	16	8	19	13
Panzerweißgold	18	11	13	9	19	17
Wieland:						
18 Kt. rötlich	18	11	17	9	21	10
18 Kt. mit 5% Platin	20	12	16	7	19	14
18 Kt. mit 10% Platin	21	12	15	13	17	15
Janus II	22	15	17	4	15	9

A = Anlieferungszustand,
B = weichgeglüht,
C = vergütet, wie in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 4.

Firma und Material	Biegezahl bei Abwinkelung von 180°			Biegezahl bei Abwinkelung von 8° nach jeder Seite		
	A	B	C	A	B	C
Degussa:						
750/5	12	11	7	4300	4500	5150
750/5 N	12	18	14	4900	4800	5600
20/730/7 mit 2% Platin	14	20	16	4750	4300	5300
50/700/6 mit 5% Platin	12	17	12	5400	4150	6450
100/650/6 mit 10% Platin	12	17	12	6150	5900	6500
Legierung nach Fritsch	8	15	11	7000	3150	4800
Platalloy	12	17	5	6500	4500	5050
Orthalloy	13	17	13	8600	7600	11500
833/6	14	22	22	4050	5250	3800
Herbst:						
18 Kt. Panzergold	10	17	10	4950	5700	6800
18 Kt. Platingold Spezial	11	16	14	6700	5400	6700
Panzerweißgold	8	10	10	3700	1400	1550
Wieland:						
18 Kt. rötlich	11	16	7	6000	4370	6400
18 Kt. mit 5% Platin	11	18	13	5900	5100	6600
18 Kt. mit 10% Platin	13	17	15	6850	6100	7000
Janus II	10	14	12	8700	7250	10500

A = Anlieferungszustand,
B = weichgeglüht,
C = vergütet, wie in Tabelle 1 angegeben.

Der Draht ist wiederum in einen kleinen Schraubstock eingespannt, dessen scharfe Kanten durch eingesetzte Zylinder von bestimmtem Durchmesser ersetzt sind. Der Mitnehmer gibt im Gegensatz zur vorhergehenden Messung den Draht nicht frei, sondern die Probe wird wechselweise einmal nach links und dann

nach rechts um 90° bis zum Anschlag abgebogen, wobei das Biegen nach einer Seite und zurück in die Gerade als eine Biegung zählt.

Mit demselben Apparat wurden dann Dauerbiegeproben bei einer Abwinkelung von 8° nach jeder Seite und einer Meßlänge von 12 mm ausgeführt. Der Weg, den der Draht an der Mitnehmerstelle dabei macht, beträgt nach jeder Seite 1,65 mm. Da man auf diese Weise zu sehr hohen Biegezahlen kommt, wurde eine Vorrichtung verwendet, die durch Motorantrieb die Bewegungen in dem genannten Winkel ausführte. Die Biegezahl betrug pro Minute 580 bis 600.

Auch diese Prüfungen sind an 1 mm dicken Drähten in den verschiedenen Zuständen ausgeführt worden. In Tabelle 4 sind die einzelnen Werte, ebenfalls Mittelwerte aus drei bis vier Messungen, ausgeführt.

5. Klammerprüfungen. Um nun noch die elastischen Eigenschaften der Materialien in Form der fertigen Klammern zu prüfen, wurden Messungen mittels einer besonderen Prüfmethode ausgeführt. Da mir nur runde Drähte zur Verfügung standen, wurden dieselben in weichem Zustand flach gewalzt, so daß sie ein Profil mit den Maßen 0,7 × 1,2 mm mit abgerundeten Ecken hatten. Die Drähte wurden sodann mit einer Stahlstanze zu runden Klammern gestanzt, die einen inneren Durchmesser von genau 9,5 mm hatten. Um an jeder Klammer die Oeffnung gleich weit zu haben, wurden dieselben maschinell auf 6,5 mm aufgefräst. Eine genaue Uebereinstimmung der Klammern unter sich in ihren Abmessungen war unbedingt nötig, um die Meßwerte miteinander vergleichen zu können.

In die Oeffnung der eingespannten Klammer ragen zwei Meßschenkel hinein. Diese sind in geringer Entfernung von der Meßstelle drehbar gelagert und endigen auf der entgegengesetzten Seite in langen Zeigern, die mit ihren Spitzen über Millimeterskalen laufen. Das Uebersetzungsverhältnis beträgt 1 : 10, so daß bei einer Abbiegung eines Klammerschenkels von 1/10 mm auf den betreffenden Skalen ein Ausschlag von 1 mm angezeigt wird. Um jederzeit den Apparat genau in die Nullstellung bringen und um auch verschieden weite Klammeröffnungen einstellen zu können, sind die Skalen mit den Zeigern durch Triebe verschiebbar. Die Klammer wird in der Mitte des Klammerkörpers zwischen zwei zylindrische Spannbacken eingespannt, so daß ihre beiden Arme in der ganzen Länge frei federn können. Die Wirkungsweise des Apparates ist auf der schon immer geübten Prüfart aufgebaut, wonach die Federung einer Klammer durch Zusammendrücken ihrer Arme zwischen den Fingern beobachtet wurde. Um in dem Apparat ähnliche Verhältnisse herzustellen, mußte ein besonderes Prinzip der Kraftübertragung gewählt werden. Aus der Abbildung 5 ist die genauere Anordnung in Ansicht von vorn her gut ersichtlich. Zwei zylindrische Stempel a und b sind so verschiebbar angeordnet, daß sie von beiden Seiten her auf die Klammer drücken. Die Kraftübertragung geschieht durch Rollen und Umlenkrollen, über die eine Schnur läuft, an derem unteren Ende eine Gewichtsschale hängt. Bei Belastung drücken die beiden Stempel von beiden Seiten her gleichmäßig auf die Arme der Klammer und der Ausschlag der freien Klammerenden wird auf den Skalen angezeigt. Um den Reibungswiderstand in dem Apparat möglichst niedrig zu halten, sind sämtliche Drehpunkte in Kugeln gelagert. Die Gewichtsschale wirkt mit einem Eigengewicht von etwa 100 g.

Nach der Klammereinspannung werden durch Auslösen der Arretiervorrichtungen vorsichtig die beiden Stempel auf die Klammerarme aufgesetzt. Mittels der Triebe werden die Zeiger in lose Berührung mit den freien Klammerenden gebracht und gleichzeitig dabei die Nullstellung mit Hilfe der Triebe hergestellt. Die Messung geht so vor sich, daß zunächst mit einem Gewicht von 200 g belastet wird. Der beiderseitige Ausschlag wird auf den Meßskalen angezeigt. Nach Entlastung der Klammer und Zurückschieben der Zeiger bis zum Berühren der Klammerenden kann man feststellen, ob die Klammer eine bleibende Deformation erfahren hat. Durch Steigerung der Belastung in Stufen von 200 g und wiederholtes Entlasten und Nachmessen kann genau festgestellt werden, welche Kräfte in Gramm nötig sind, um die Klammer zu deformieren und von welcher Belastung an eine bleibende Deformation auftritt. Die Belastungen wurden so weit gesteigert, bis ein Ausschlag von 2 mm erreicht war.

In der folgenden Tabelle 5 sind die einzelnen Meßwerte wiedergegeben. Die Werte sind Mittelwerte aus je zwei Messungen, wobei der Ausschlag sowie die bleibende Deformation der einzelnen Arme einer Klammer addiert sind. Sämtliche Klammern wurden nach dem Stanzen geglüht und dann in der bisher geübten Weise vergütet. Die Legierungen Orthalloy und Janus II wurden außer im vergüteten noch im weichen Zustand geprüft.

Tabelle 5.

Messungen an Klammern.

Belastung in Gramm	Degussa 750/5 vergütet		Degussa 750/5 N vergütet		Degussa 20/730/7 vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.20	—	0.15	—	0.24	—
400	0.46	0.03	0.20	—	0.50	—
600	0.79	—	0.71	—	0.75	—
800	1.06	0.24	0.92	0.02	1.02	0.04
1000	1.29	—	1.22	—	1.30	—
1200	1.59	0.53	1.49	0.04	1.60	0.17
1400	1.92	—	1.67	—	1.97	—
1600	2.30	0.55	2.00	0.22	2.43	0.46

Belastung in Gramm	Degussa 50/700/6 vergütet		Degussa 100/650/6 vergütet		Degussa Leg. nach Fritsch, vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.22	—	0.14	—	0.15	—
400	0.45	—	0.38	—	0.35	—
600	0.73	—	0.58	—	0.54	—
800	0.96	0.07	0.82	0.07	0.70	—
1000	1.21	—	1.06	—	0.96	—
1200	1.52	0.10	1.22	0.07	1.13	0.05
1400	1.72	—	1.58	—	1.31	—
1600	1.97	0.24	1.75	0.12	1.52	0.06
1800	2.26	0.30	1.89	—	1.70	—
2000	—	—	2.04	0.16	1.93	0.20
2200	—	—	2.32	0.23	2.23	0.31

Belastung in Gramm	Degussa Platalloy vergütet		Degussa Orthalloy weichgeglüht*)		Degussa Orthalloy vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.18	—	0.22	—	0.17	—
400	0.40	—	0.42	0.06	0.38	—
600	0.61	—	0.61	—	0.60	—
800	0.85	0.02	0.90	0.08	0.83	0.06
1000	1.06	—	1.17	—	1.03	—
1200	1.26	0.02	1.55	0.30	1.22	0.10
1400	1.56	—	2.21	0.75	1.38	—
1600	1.73	0.06	—	—	1.64	0.12
1800	2.02	—	—	—	1.88	—
2000	2.29	0.27	—	—	2.13	0.22

*) Die Klammern wurden nach dem Stanzen noch einmal ausgeglüht.

Tabelle 5. (Fortsetzung.)

Messungen an Klammern.

Belastung in Gramm	Degussa 833.6 vergütet		Herbst 18 Kt. Panzergold, vergütet		Herbst 18 Kt. Pt-Gold Spez., vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.20	0.08	0.19	—	0.20	—
400	0.77	0.55	0.44	—	0.44	0.07
500	1.96	1.31	—	—	—	—
600	4.00	3.56	0.84	—	0.73	—
800	—	—	1.14	0.09	1.03	0.13
1000	—	—	1.48	—	1.32	—
1200	—	—	1.80	0.17	1.60	0.25
1400	—	—	2.10	—	1.87	—
1600	—	—	2.36	0.31	2.15	0.57

Belastung in Gramm	Herbst Panzerweißgold vergütet		Belastung in Gramm	Herbst Panzerweißgold vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm		Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.16	—	1000	1.14	—
400	0.38	—	1200	1.68	0.70
600	0.60	—	1400	3.51	2.05
800	0.84	0.08	1600	—	—

Belastung in Gramm	Wieland 18 Kt. rötlich vergütet		Wieland 18 Kt. 5 % Pt vergütet		Wieland 18 Kt. 10 % Pt vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.25	—	0.20	—	0.17	—
400	0.48	0.02	0.46	—	0.49	0.04
600	0.82	—	0.76	—	0.78	—
800	1.12	0.15	1.05	0.11	1.07	0.10
1000	1.45	—	1.32	—	1.39	—
1200	1.75	0.20	1.59	0.28	1.71	0.27
1400	2.03	—	1.99	—	2.42	0.85
1600	2.33	0.41	2.59	0.88	—	—

Belastung in Gramm	Wieland Janus II geglüht*)		Wieland Janus II vergütet	
	Ausschlag mm	bleib. Def. mm	Ausschlag mm	bleib. Def. mm
200	0.19	—	0.16	—
400	0.41	0.04	0.36	—
600	0.61	—	0.59	—
800	0.90	0.11	0.76	0.06
1000	1.16	—	1.05	—
1200	1.48	0.26	1.25	0.06
1400	1.96	—	1.50	—
1600	2.83	1.27	1.72	0.17
1800	—	—	1.91	—
2000	—	—	2.11	0.25
2200	—	—	2.45	0.40

*) Die Klammern wurden nach dem Stanzen noch einmal ausgeglüht.

Zusammenfassung:

Die Legierung I (Degussa 750/5) zeigt bei fast allen Messungen nach dem Vergüten günstigere Werte als im Anlieferungszustand, also hartgezogen. Bei der Klammerprüfung zeigt sich, daß das Material schon von einer geringen Belastung ab bleibend deformiert wird und daß diese Deformation mit steigender Belastung ziemlich stark zunimmt. Sie erscheint hiernach wenig geeignet für Klammern.

Legierung II (Degussa 750/5 N) zeigt dagegen wesentlich günstigere Werte. Sie vergütet verhältnismäßig gut. Sehr bemerkenswert ist die große Dehnung im weichen Zustand bei relativ hoher Zerreißfestigkeit. Auch nach der Vergütung bleibt eine gewisse Dehnung noch vorhanden, was dafür bürgt, daß das Material nicht spröde geworden ist. Das geht auch aus den Biegezahlen hervor. Auch die Klammermessungen zeigen ein günstiges Bild. Die bleibenden Deformationen sind selbst bei höheren Beanspruchungen gering. Es wird eine relativ hohe elastische Deformation mit nicht zu großen Belastungen erreicht. Das Material erscheint daher für Drahtklammern gut geeignet.

Legierung III (Degussa 20/730/7) hat in weichem Zustand die größte Dehnung der untersuchten Materialien. Es ist auch eine vergütbare Legierung, die selbst nach dem Vergüten noch große Dehnung besitzt. In ihren Eigenschaften ähnelt sie der Legierung II, obwohl in der Klammerprüfung die Werte derselben nicht ganz erreicht werden.

Legierung IV (Degussa 50/700/6) ist gut vergütbar und liegt nach der Vergütung mit allen Werten über dem hartgezogenen Zustand. Die Dehnungswerte sind günstig. Auch bei der Klammermessung schneidet diese Legierung verhältnismäßig gut ab.

Legierung V (Degussa 100/650/6) ist eine sehr stark federnde Legierung, die besonders hohe Zerreißfestigkeit hat, wobei die Dehnung in weichem Zustand noch immerhin als günstig bezeichnet werden kann. Elastizitätsgrenze und bleibende Deformation sind gut. Auch bei der Klammerprüfung zeigt sie günstige Werte, wobei allerdings größere Kräfte zur Erzielung gleicher Deformation angewandt werden müssen als bei den vorhergenannten Legierungen. Sie eignet sich wie Legierung IV sowohl für gegossene als auch für kaltgearbeitete Klammern. Die Legierungen III, IV und V sind platinhaltige Legierungen mit einem Gehalt von 2, 5 und 10% Platin. Beim Vergleich der drei Schaubilder kommt gut zum Ausdruck, wie mit steigendem Platingehalt die Zerreißfestigkeit, Elastizitätsgrenze, Elastizitätsgrad und Elastizitätsmodul zunehmen; die Dehnung geht dabei zurück. Auch für die Dauerprüfungen wirkt sich der steigende Platingehalt günstig aus.

Legierung VI (Degussa Leg. nach Fritsch) ist die einzige weiße Legierung aus der Auswahl, die die Degussa zur Verfügung gestellt hat. Sie ähnelt in ihren Eigenschaften der Legierung V, ohne aber in der Elastizität und Zerreißfestigkeit diese zu erreichen. Sie vergütet nicht. Bei der Klammerprüfung zeigt sich ebenfalls, daß sie ihrer Deformation starken Widerstand entgegensetzt. Erst bei höheren Belastungen treten stärkere bleibende Deformationen auf. Im harten Anlieferungszustand zeigt sie günstigere Werte als nach der Vergütung. Sie ist also für gegossene Klammern wenig geeignet. Auch die Biegezahlen sind im harten Zustand günstig.

Legierung VII (Degussa Platalloy) ist vergütbar, hat verhältnismäßig hohe Dehnung im weichen Zustand. Ihre Elastizität ist günstig. Auch bei der Klammerprüfung wirkt sich dies in günstiger Weise aus. Erst bei

stärkeren Belastungen bleibt sie dauernd deformiert. Die Legierung eignet sich, da sie ihrer elastischen Deformation nicht zu große Kräfte entgegensetzt, für leichtfedernde, gegossene und auch gebogene oder gestanzte Klammern.

Legierung VIII (Degussa Orthalloy) ist eine außerordentlich gut vergütbare Legierung. Ihre bleibende Deformation ist gering bei hoher Elastizitätsgrenze, guter Dehnung und günstiger Festigkeit. Sie zeigt in der Dauerprüfung den höchsten erreichten Wert. Da sie auch in der Klammerprüfung recht gute Werte zeigt, ist sie für stärker beanspruchte Klammern geeignet. An dieser Legierung wurden auch Klammerprüfungen in weichem Zustand (Abb. 8) gemacht. Man sieht die starke bleibende Deformation bei geringer Belastung. Auch in hartgezogenem Zustand zeigt das Material günstige Werte, so daß diese Legierung ebenfalls für gegossene als auch für kaltbearbeitete Klammern brauchbar ist.

Legierung IX (Degussa 833/6) ist, wie bereits erwähnt, kein Klammermaterial, sondern ein Kronengold. Sie vergütet nicht. Selbst im hartgezogenen Zustand zeigt sie eine außerordentlich geringe Zerreißfestigkeit, die nach der Wärmebehandlung noch weiter zurückgeht. Aus den großen Dehnungsunterschieden zwischen hartgewalzt und weichgeglüht kann man ersehen, wie außerordentlich wichtig es ist, ein Material vor dem Verformen durch Ausglühen weich zu machen. Die Elastizitätsgrenze ist sehr niedrig, dementsprechend die bleibende Deformation bei 35° Abwinkelung sehr groß. Bei der Klammerprüfung zeigt sich dieses Material vollkommen ungeeignet, da selbst bei den geringsten Beanspruchungen schon eine bleibende Deformation auftritt und die Klammer sehr bald vollkommen bleibend deformiert wird. Diese Legierung wurde, wie erwähnt, nur aus dem Grund in die Untersuchung mit einbezogen, um zu zeigen, daß nicht jede beliebige Goldlegierung für jeden Verwendungszweck zur Anwendung kommen kann. Diese Legierung ist ein ausgezeichnetes Kronengold, muß aber als Klammergold vollkommen versagen, da die Anforderungen, die an ein Kronengold gestellt werden, gerade entgegengesetzt den Eigenschaften sind, die von einem Klammergold zu fordern sind.

Legierung X (Herbst 18 Kt. Panzergold) ist eine vergütbare Legierung, die in ihren Eigenschaften der Legierung I ähnelt. In der Klammerprüfung zeigt sie allerdings geringere bleibende Deformation als die Legierung I.

Legierung XI (Herbst 18 Kt. Platingold Spez.) ist ebenfalls eine vergütbare Legierung, allerdings in geringerem Maß. Sie behält dabei in vergütetem Zustand eine zu große Dehnung, so daß sie als Klammer schon bei geringeren Belastungen bleibende Deformation zeigt. Auf Grund ihrer Eigenschaften in hartem Zustand ist sie für gebogene und gestanzte Klammern geeigneter.

Legierung XII (Herbst Panzerweißgold). Da mir über die Wärmebehandlung dieser Legierungen keine näheren Angaben gemacht waren und man nicht ohne weiteres sagen konnte, ob es sich hier um eine vergütbare Legierung handelt, wurden Vorversuche zur Feststellung der Vergütbarkeit angestellt. Dabei zeigte sich, daß die Legierung in der Zeit von 15 Minuten bei verschiedenen Anlaßtemperaturen keine nennenswerte Vergütung aufwies. Sie besitzt einen hohen Elastizitätsmodul, setzt also ihrer Verformung zunächst größeren Widerstand entgegen. Nach Ueberschreitung der Fließgrenze geht die bleibende Deformation verhältnismäßig rasch vorwärts, so daß sie bei der Klammerprüfung nach Ueberschreiten einer gewissen Belastung stark deformiert bleibt. Es fällt die

niedrige Dauerbiegezahl nach der Wärmebehandlung auf. Die Legierung eignet sich ebenfalls nur für gebogene bzw. gestanzte Klammern.

Legierung XIII (Wieland 18 Kt., rötlich) ist gut vergütbar. Die Dehnung ist in weichem Zustand sehr groß. Im vergüteten Zustand geht sie bis zu einer erwünschten Höhe zurück, wobei die elastischen Eigenschaften günstig werden. Auch die Dauerbiegezahlen sind gut. Bei der Klammerprüfung erweist sich das Material als brauchbar. Zur elastischen Deformation werden nicht zu große Belastungen benötigt, während größere bleibende Deformationen erst bei höhereren Belastungen auftreten. Sowohl in hartem wie auch vergütetem Zustand sind die Werte günstig.

Legierung XIV (Wieland 18 Kt. mit 10% Pt.) und Legierung XV (Wieland 18 Kt. mit 5% Pt.) sind beides vergütbare Legierungen und liegen mit ihren elastischen Eigenschaften ziemlich nahe beieinander. Es zeigt sich wiederum, daß die Legierung mit 5% Platin geringere Zerreißfestigkeit bei größerer Dehnung und schlechtere elastische Eigenschaften gegenüber der mit 10% Platin hat. Dies kommt bei der Klammerprüfung ebenfalls zum Ausdruck. Auch diese Legierungen zeigen sowohl im harten als auch im vergüteten Zustand gute Werte, so daß sie für jede Klammer geeignet sind.

Ueber Legierung XVI (Wieland Janus II) lagen von der herstellenden Firma nähere Vergütungsangaben vor, wonach die Legierung behandelt wurde. Sie ist gut vergütbar, die elastischen Eigenschaften verbessern sich recht erheblich nach der Vergütung. Auffallend sind vor allem die hohen Biegezahlen bei der Dauerprüfung. Bei der Klammerprüfung wurde das Material analog der Legierung VIII ebenfalls in zwei Zuständen geprüft. Abb. 17 zeigt die Messungen an Klammern in weichem Zustand, 17a in vergütetem Zustand. Man sieht, wie die elastischen Eigenschaften eine außerordentliche Verbesserung erfahren, so daß diese Legierung für jede Klammer gut geeignet erscheint.

Aus allen Untersuchungen geht eindeutig hervor, wie außerordentlich wichtig es ist, die Wärmebehandlung zu kennen und zu beachten. Der Einfluß derselben auf die mechanischen Eigenschaften ist von ausschlaggebender Bedeutung. Zur Erreichung optimaler Vergütungswerte ist es allerdings wichtig, das Vergüten bei der richtigen Temperatur auszuführen und zeitlich genau einzuhalten. Es wäre wünschenswert, daß die einzelnen Hersteller Angaben über die Vergütung ihrer Legierungen machen würden.

Eine Verbesserung der elastischen Eigenschaften eines Materials kann auch durch Kaltbearbeitung erzielt werden, wobei sich beim Zerreißversuch zwar immer eine hohe Festigkeit, aber nur eine sehr geringe Dehnung ergibt, da Fließgrenze und Bruchgrenze nahezu zusammenfallen. In diesem Falle ist das Material spröde. Wird eine Klammer höheren Temperaturen, z. B. beim Löten, ausgesetzt, so geht die Festigkeit stark zurück, die Dehnungswerte nehmen zu und die elastischen Eigenschaften werden nur gering. Ist man nicht in der Lage, eine weich gewordene Klammer durch entsprechende Behandlung wieder federnd zu machen, so werden diese Legierungen als Klammermaterial ungeeignet sein.

In der untersuchten Reihe finden sich einige Legierungen, die auch durch Wärmebehandlung nicht oder nur in geringen Grenzen federnd gemacht werden können, andere dagegen erreichen nach dem Vergüten Werte, die über den Werten des hartgezogenen Anlieferungszustandes liegen, wobei die Dehnungswerte durchweg günstiger sind. Das bedeutet, daß das Material im vergüteten Zustand nicht spröde ist. Dieser Umstand ist von besonderer Wichtigkeit für ein Klammergold.

Der Unterschied zwischen weichem und vergütetem Zustand ist zum Teil so groß, daß man durch Abkürzung der Vergütungsdauer oder Vergüten bei niedrigerer Temperatur Beeinflussungen der elastischen Eigenschaften in gewissen Abstufungen vornehmen kann.

Von allen untersuchten Legierungen zeigte die Legierung Orthalloy die günstigsten Werte. Nahezu erreicht wird sie in ihren Eigenschaften von der Legierung Janus II.

Literaturverzeichnis.

Bock: Moderne Klammertechnik, Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1927, Nr. 12.

Fritsch: Ein Beitrag zur Klammerfrage, Zahnärztl. Rundschau 1929, Nr. 18.

Kantorowicz: Rationalisierung der partiellen Prothese, Zahnärztliche Rundschau 1927, Nr. 30 u. 31.

Kohlmasch: Lehrbuch der praktischen Physik.

Koller: Abnehmbare Brücken und gestützte Prothesen.

Lippert: Das Löten von orthodontischen Apparaten und die mechanischen Eigenschaften der gelöteten Teile. Inang.-Diss. Frankfurt/Main 1929.

Memmler: Das Materialprüfungswesen.

Nikolowa: Eine neue Art der Verankerung partieller Prothesen mittels Gußklammer. Zahnärztliche Rundschau 1927, Nr. 36.

Reinglass: Chemische Technologie der Legierungen.

Rumpel: Klinik der modernen zahnärztlichen Prothese.

Schoenbeck: Materialkunde der zahnärztlichen Technik.

Walter: Die mechanischen Eigenschaften echter und unechter Hauptbogen- und Fingerfedermaterialien der Orthodontik. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1929, Nr. 14.

Wannenmacher: Eine neue Edelmetallegierung und ihre Anwendungsmöglichkeit. Zahnärztliche Rundschau 1927, Nr. 43 und 44.

Westphal: Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Klammermetalle und ihre Veränderungen. Zahnärztliche Rundschau 1929, Nr. 21 u. 22.

Anschrift: Kassel, Frankfurter Straße 57.

Lebenslauf.

Ich, Karl Terjung, wurde am 29. März 1896 als Sohn des Mineralwasserfabrikanten Johann Terjung in Mülheim a. d. Ruhr geboren.

Nach Besuch der Bürgerschule und des Realgymnasiums in Kassel, sowie des Realgymnasiums in Arolsen machte ich hier im August 1914 die Reifeprüfung. Ich trat dann als Kriegsfreiwilliger in das Heer ein und wurde im Februar 1919 als Leutnant der Reserve entlassen. Darauf war ich als Kaufmann tätig.

Seit Frühjahr 1927 studierte ich Zahnheilkunde in Göttingen, wo ich auch meine Vorprüfung und im Frühjahr 1930 das Staatsexamen gemacht habe.

Göttingen, 7. Juni 1930.

Druck: Hans Pusch & Co., G. m. b. H., Berlin S 42, Oranienstr. 140-42.